Leso-DIAL: outil d'aide à la conception en éclairage naturel

Bernard Paule, Jean-Louis Scartezzini
Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment, LESO-PB / EPFL,
CH-1015 Lausanne,
E-mail: bernard.paule@epfl.ch

Zusammenfassung

Die Nutzung von Tageslicht in der Architektur stellt ein komplexes Problem dar. Die zahlreichen Parameter, die darauf einen Einfluss haben (Geometrie, Photometrie, Umgebung usw.), machen Vorhersagen schwierig und unsicher. Die Erfahrung hat uns jedoch gelehrt, dass für die Tageslichtplanung bereits Entscheidungen, die in der ersten Planungs- oder gar in der Entwurfsphase getroffen werden, wichtig sind.

Das am LESO-PB entwickelte Computerprogramm Leso-DIAL ist dank vereinfachten Algorithmen (für die Berechnung), der Verwendung von Regeln der Fuzzy-Logik und einer Bedieneroberfläche, die eine intuitive Handhabung zulässt, dem Planer in der Entwurfsphase eine echte und leistungsfähige Hilfe.

Nach zweijähriger Nutzung und Weiterentwicklung, behandelt dieser Artikel die folgenden Aspekte:

- Einige Resultate der Validierung im Rahmen der IEA SHC TASK 21 /ECBS ANNEX 29.
- Ergebnisse der Programmevaluation im Rahmen von praktischen Anwendungen.
- Neue Funktionen und Entwicklungen.
- Geplante Weiterentwicklung des Programms im Rahmen des europäischen Programms "DIAL-Europe".

Résumé

La prise en compte de la lumière naturelle dans l'architecture est un problème complexe. Le nombre de paramètres en jeu (géométrie, photométrie, environnement etc.) est si élevé que la prédiction est délicate et incertaine. L'expérience montre pourtant que ce sujet doit être abordé dès les premières étapes de la conception, voire même lors de la phase d'esquisse.

L'expérience de LesoDIAL, logiciel développé au LESO-PB, montre que l'utilisation d'algorithmes simplifiés (calcul) et l'application de règles de logique floue (optimisation), combinées à une approche intuitive (interface), permettent de proposer un outil réellement efficace et utile aux concepteurs.

Après deux années de diffusion, cet article fait le point sur l'utilisation de LesoDIAL, tant dans le milieu professionnel que dans l'enseignement, et présente les sujets suivants:

- Quelques résultats d'une procédure de validation réalisée dans le cadre de l'IEA SHC TASK 21 / ECBS ANNEX 29.
- Différents travaux d'évaluation du logiciel en situation réelle (questionnaires).
- Les nouvelles fonctionnalités de l'outils
- Les développement futurs du logiciel, dans le cadre du projet européen "DIAL-Europe"

1. Introduction

Financé par l'Office Fédéral de l'Energie et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, la conception du logiciel LesoDIAL a débuté en 1995 (Paule et al. 1995). La troisième version du logiciel est maintenant disponible en français et en anglais.

La finalité de cet outil est de permettre aux concepteurs de tester rapidement les solutions qu'ils envisagent de mettre en œuvre, tant d'un point de vue quantitatif (facteurs de lumière du jour et autonomie en éclairage naturel), qu'en ce qui concerne les aspects qualitatifs liés à l'utilisation de la lumière naturelle (confort visuel, adéquation des protections solaires, etc.)

L'idée de base de l'outil est bien illustrée par les propos de Richens:

"… an easy system is one that can be quickly learnt… Once learnt, it should be possible to use efficiently, without making a great number of mistakes, without a great effort of concentration, and without constant reference to manuals. Finally, skill once acquired should be readily retained, so that the software is easy to come back to after an interval… Simplicity has to be designed into a system and pervade its every aspects." (Paul Richens, cited in [Robinson 96].

Schématiquement, le programme comporte les quatre modules suivants, ainsi qu'un "Lexique".

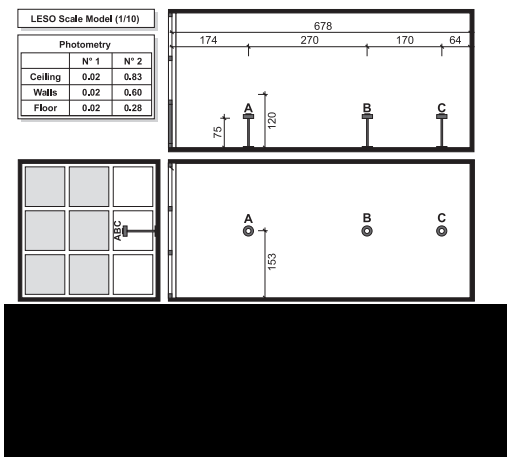
- Module Affectation : Sélection de la ou des activités principales devant se dérouler dans le local. Edition des niveaux d'éclairement selon les recommandations de la Association Suisse des Electriciens [ASE 89].
- Module Description : Description des paramètres géométriques et photométriques du local à l'aide d'éléments numériques, graphiques et/ou linguistiques. Grâce à l'utilisation d'algorithmes de logique floue (fuzzy-logic), il est possible de décrire le local, même si certains des paramètres ne sont pas connus de manière précise.
- Module Evaluation : Calcul des niveaux de facteur de lumière du jour et de l'autonomie en éclairage naturel sur le plan de travail (split-flux method).
- Diagnostic du local en vue d'optimiser les performances en matière d'éclairage naturel (règles de logique floue).
- Module Comparaison : Accès à une base d'exemples afin de comparer le choix de l'utilisateur avec des configurations similaires (cas réels ou présimulés).
- Lexique : Les principaux termes du vocabulaire de l'éclairage (plus d'une centaine) sont présentés de façon richement illustrée.

2. Validation

2.1 Eclairage dans les locaux

Parois Noires					
Cell.	Maquette	Superlite	Genelux	Adeline	LesoDIAL
A	7.06	7.7	7.69	6.47	7.58
B	1.04	1.04	0.92	0.98	1.10
C	0.45	0.42	0.49	0.43	0.43

Parois Blanches					
Cell.	Maquette	Superlite	Genelux	Adeline	LesoDIAL
A	10.16	9.69	8.93	8.34	10.22
B	2.91	2.2	1.56	1.92	3.34
C	2.07	1.41	0.94	1.19	2.15



L'une des activités de l'IEA SHC TASK 21 / ECBCS ANNEX 29, Subtask C a consisté en un travail de validation des principaux outils de prédiction de l'éclairage naturel, en comparaison avec des mesures sur maquettes (Fontoynont et al, 1999).

Les figures 1 et 2 montrent deux exemples de ce travail de validation et permettent de comparer certains des résultats obtenus lors de ce travail. On peut constater que le niveau de précision de LesoDIAL se situe dans la même fourchette que les autres logiciels et peut donc être considéré comme très satisfaisant.

Parois Noires				
Niveau	Maquette BRE	Superlite	Genelux	LesoDIAL
0	10.7	10	9.91	10.1
1	13.7	13.3	12.95	13.4
2	18.9	18.3	17.78	18.4
3	26.7	26.5	25.97	26.6
4	40.2	40.4	38.17	40.6
5	61.9	63.1	61.36	63.8
6	89.9	90.8	90.93	92.2

Parois Blanches				
Niveau	Maquette BRE	Superlite	Genelux	LesoDIAL
0	19.1	15.3	15.38	17
1	23.9	20	19.73	21
2	30.7	26.8	25.56	26.9
3	39.9	36.6	37.77	36.2
4	53.3	51.3	49.81	51.4
5	71.8	72.5	70.05	76.2
6	94.4	64.5	-	100

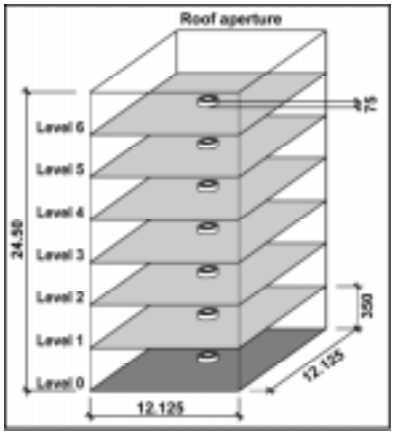


Figure 2: Description de la maquette du British Research Establishment et comparaison des résultats obtenus par les différents logiciels, avec les mesures effectuées sur la maquette.

2.2 Eclairage par atrium

Les fonctionnalités du logiciel ont récemment été étendues de manière à prendre en compte les atriums. Une procédure de "calibration" a été utilisée pour comparer les résultats de LesoDIAL avec ceux du logiciel Superlite (voir § 4.2).

3. Evaluation

3.1 Enseignement

Tout au long de la conception de cet outil, plusieurs tests ont été conduits de façon à vérifier la simplicité, la rapidité, la familiarité ainsi que l'intelligibilité de LesoDIAL (Paule, 1999).

Il a été ainsi demandé à une centaine d'étudiants de l'EPFL et de l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg de tester les différentes versions du logiciel et de répondre à un certain nombre de questions.

La procédure d'évaluation était la suivante:

- - Un questionnaire de connaissances était distribué en début de séance afin d'évaluer le niveau de compétence des étudiants en matière d'éclairage naturel.

- Un exercice portant sur la description et le calcul des performances d'un local était ensuite réalisé dans un temps limité.
- Le même questionnaire de connaissance était de nouveau rempli par les étudiants afin de vérifier si l'utilisation du logiciel se traduisait par une amélioration de leur niveau de compétence.
- Un questionnaire d'évaluation du logiciel était enfin distribué à l'issue de la séance pour recueillir l'avis et les commentaires des utilisateurs à propos du logiciel.

Cette procédure a permis de faire ressortir les points suivants:

a) L'outil ne nécessite ni manuel d'utilisation, ni temps d'apprentissage. Les étudiants ont tous été capables d'accomplir l'exercice et de répondre aux différents questionnaires dans la durée impartie (2 heures). Aucun problème de compréhension n'a été signalé, tant en ce qui concerne le fonctionnement du logiciel qu'en ce qui concerne les résultats fournis.

b) La compétence des étudiants sur le domaine de l'éclairage naturel a été améliorée après l'utilisation du logiciel.

La comparaison entre les réponses aux questionnaires de connaissance "Avant" et "Après" l'exercice montre que l'utilisation de l'outil se traduit simultanément par une baisse significative du nombre de réponses fausses et une hausse du nombre de réponses correctes (voir Fig. 3).

c) Les utilisateurs ont considéré que la possibilité d'utiliser soit des chiffres, soit des éléments graphiques ou linguistiques pour la description du problème est très utile et efficace.

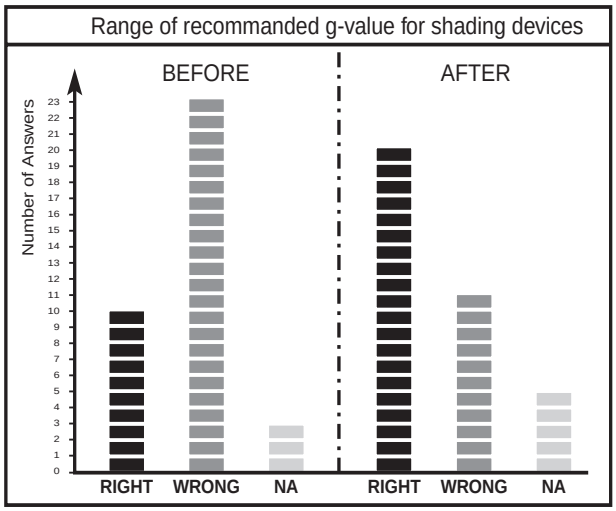


Figure 3: Comparaison du nombre de réponses Justes et Fausses Avant et Après l'utilisation du logiciel (NA = non répondu)

3.2 Usage professionnel

Une session d'évaluation auprès d'architectes britanniques a été réalisée par M. Reynolds pour l'Université de Cambridge (The Martin Centre for Architecture and Urban Studies) (Reynolds, 2000). Des représentants de 13 bureaux d'architecture dans la région de Cambridge ont participé à cette étude. La taille de ces bureaux variait de 1 à plus de 20 architectes et le nombre moyen d'années de pratique des individus interrogés était de 18,9 années (min. 2 ans, max. 30 ans)

Rapidement informés sur la manipulation du programme, les participants étaient invités à noter les principales fonctionnalités de ce dernier. L'échelle utilisée pour la notation était de 1 ("Poor") à 5 ("Good"). Les fonctions les moins bien et le mieux notées sont exposées ci-après dans les tables 1 et 2 ci-après..

Cette procédure d'évaluation, permet d'affirmer que LesoDIAL est très bien "noté" par l'échantillon d'architectes interrogés: La note moyenne de 3.72, sur un maximum possible de 5, représente une approbation de 74.4%. Plus de la moitié des participants au test a spontanément reconnu qu'elle pouvait utiliser LesoDIAL dans la pratique courante.

Sujet	Note (/5)
La qualité et la nature des illustrations (Lexique) renforcent le contenu de l'information	4.42
La possibilité d'utiliser au choix, des chiffres précis, des termes linguistiques ou des notions graphiques pour décrire le problème est très utile.	4.38
Un outil informatique est plus utile qu'un ouvrage de référence (livre) sur le même sujet	4.38
Information sur les protections solaires (Lexique)	4.23
Facteurs de lumière du jour (résultats graphiques et numériques)	4.23
Fonction "Diagnostic"	4.15
Module "Affectation"	4.08
Information sur les menuiseries (Lexique)	4.00

Table 1: Fonctions les mieux notées (notes moyennes).

Sujet	Note (/5)
La prise de contact avec le logiciel n'a pas présenté de problème particulier.	1.92
Information sur les risques de surchauffe	2.15
Géométrie en toiture	2.57
Information sur les risques d'éblouissement	2.77
Si vous avez besoin d'une information, vous vous référez "naturellement" au "Lexique"	2.92
Numérotation des façades	3.08

Table 2: Fonctions les moins bien notées (notes moyennes).

4. Nouvelles fonctionalités

4.1 Base d'exemples

Il a été montré que le processus de conception architecturale est basé sur la réutilisation de solutions génériques provenant, soit de la propre expérience des architectes, soit de l'analyse et de la ré-interprétation de références architecturale existantes. D'une manière générale, la possibilité de comparer différentes solutions est un moyen très efficace de souligner les points forts et les points faibles d'un projet.

La principale évolution entre les versions 1 et 2 du logiciel consiste en l'adjonction d'une base d'exemples incluant 47 locaux réels et 40 locaux simulés. Puisque le mode de calcul utilisé dans LesoDIAL ne permet pas de produire d'image réaliste des locaux simulés, l'idée était de permettre au concepteur de comparer leur design avec des locaux similaires richement documentés (photos ou images réalistes, plans, coupes, valeurs de facteur de lumière du jour, etc.).

Le concept de "relation de surclassement flou" (fuzzy outranking relation) (Slowinski 1997), qui permet de comparer des objets deux à deux, a été adapté pour trouver, dans la base de données, le ou les cas qui présentent des similitudes avec le local décrit par l'utilisateur

Chacun des objets est considéré, critère par critère, et, en fonction de ses caractéristiques, est considéré comme "concordant" ou "discordant" par rapport à la référence. Les concordances et discordances partielles sont ensuite agrégées de façon à ce que la ressemblance globale soit exprimée avec un niveau de crédibilité compris entre 0 et 1 (Paule 1999).

Les critères de comparaison sont les suivants:

- Typologie d'ouverture, indice d'ouverture, geométrie, photométrie.

Si aucun des objets n'est jugé "ressemblant" relativement à tous les critères d'observation, le programme sélectionne les objets qui présentent une ressemblance partielle sur l'un ou l'autre des critères.

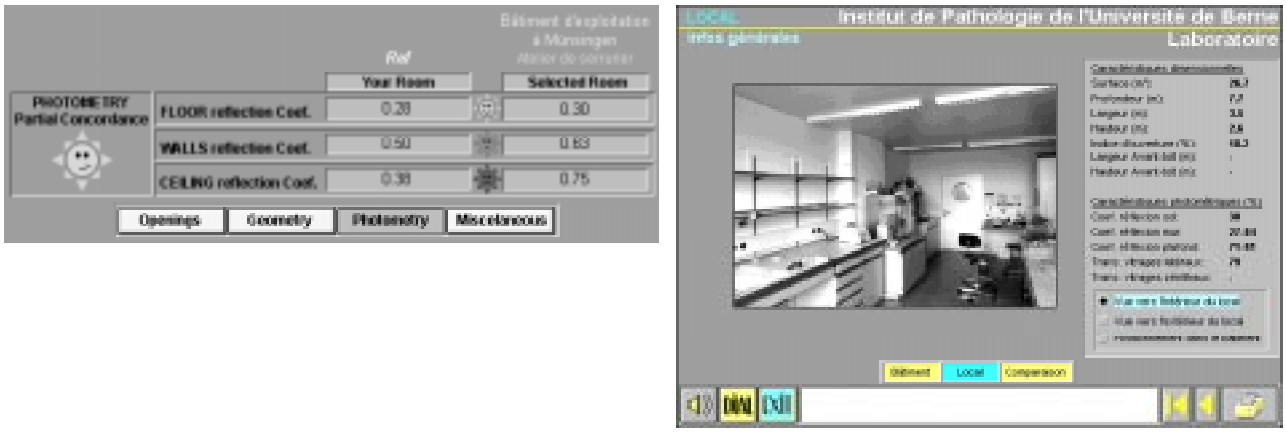


Figure 4

A gauche : Affichage des ressemblances en ce qui concerne la photométrie du local décrit par l'utilisateur (Ref) et l'un des locaux stockés dans la base de données.

A droite : Vue intérieure de l'un des cas référencés dans la base de données. Les caractéristiques principales du local sont affichées à droite de la photographie (copie d'écran de LesoDIAL).

4.2 Atrium

Les atriums sont très fréquents dans certains pays (par exemple la Scandinavie), spécialement pour les bâtiments administratifs. Puisque la prévision de la disponibilité de lumière naturelle n'est pas facile à effectuer dans ce cas, plusieurs utilisateurs nous ont demandé d'adapter LesoDIAL de façon à pouvoir décrire des atriums et à calculer les niveaux de facteur de lumière du jour dans les locaux adjacents.

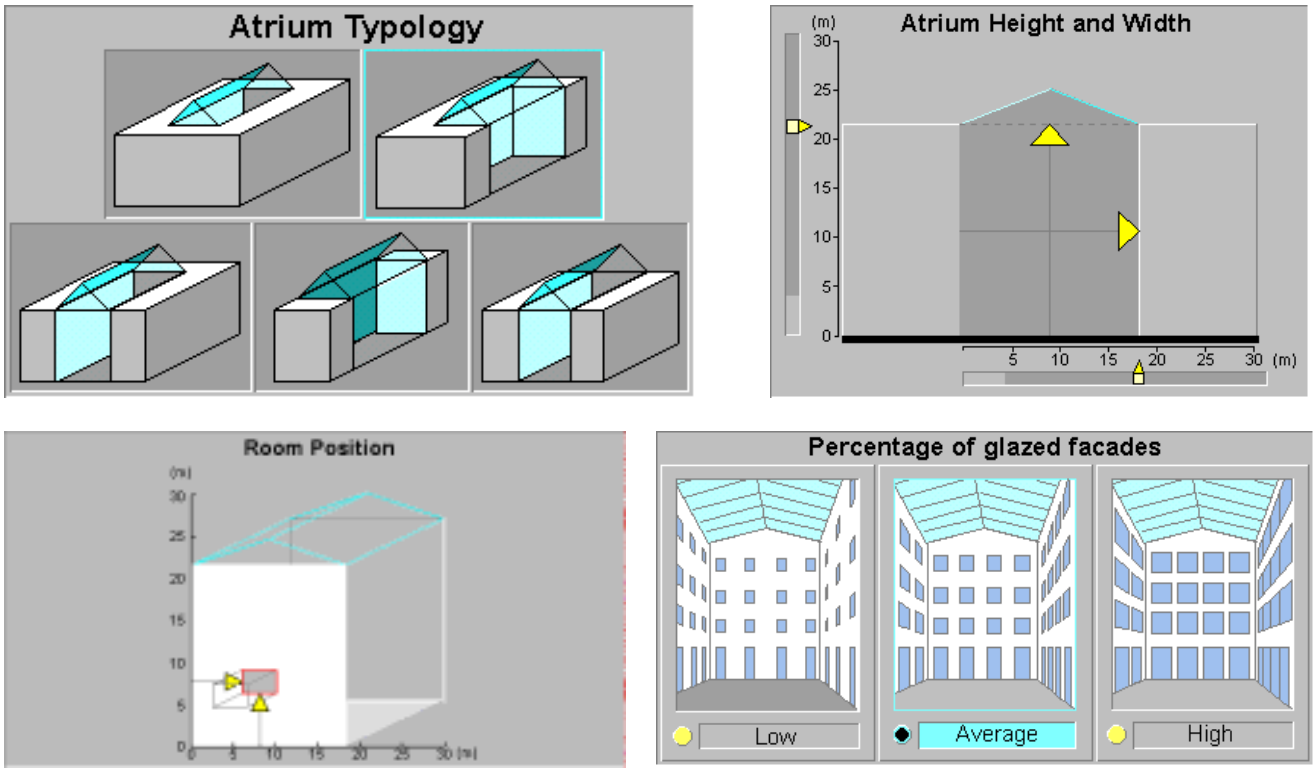
4.2.1 Description

L'interface de description reprend la philosophie développée dans les versions précédentes de LesoDIAL. Pour chaque façade, l'utilisateur doit indiquer si la fenêtre s'ouvre sur l'extérieur ou sur un atrium. La géométrie de l'atrium est décrite soit en rentrant des chiffres précis, soit en modifiant graphiquement les dimensions. Les paramètres photométriques peuvent être saisis en sélectionnant des termes linguistiques (voir Fig. 5).

Les paramètres suivants sont pris en considération pour la description et le calcul:

- Typologie de l'atrium,
- Hauteur, largeur et profondeur de l'atrium,
- Position du local dans l'atrium (face, x, z),
- Facteur de réflexion moyen des parois de l'atrium,
- Pourcentage d'ouverture dans les parois,
- Type de vitrage de l'atrium (verrière),
- Faction de cadre (menuiseries) de la verrière.

Figure 5: Quelques exemples illustrant l'interface de description des atriums



4.2.2 Calcul du facteur de lumière du jour

Pour calculer la composante réfléchie externe du facteur de lumière du jour, LesoDIAL considère que la luminance des obstructions est proportionnelle à la luminance de la portion de ciel obstruée, pondérée par la facteur de réflexion de l'obstruction (BRE 1996).

La figure 6 montre une comparaison des résultats obtenus avec LesoDIAL et Superlite pour un certain nombre de configurations d'atrium. On peut remarquer que pour les valeurs de facteur de lumière du jour inférieures à 5%, les résultats sont très similaires (erreur < 10%). Par contre, LesoDIAL est plus optimiste que Superlite pour les points situés à proximité des ouvertures (valeurs élevées). Une analyse détaillée montre que les valeurs moyennes (sur l'ensemble du local) sont très proches pour les deux logiciels.

Malgré cette surestimation des valeurs maximum, il apparaît que LesoDIAL et Superlite donnent des résultats tout à fait comparables pour le calcul de l'autonomie en éclairage naturel.

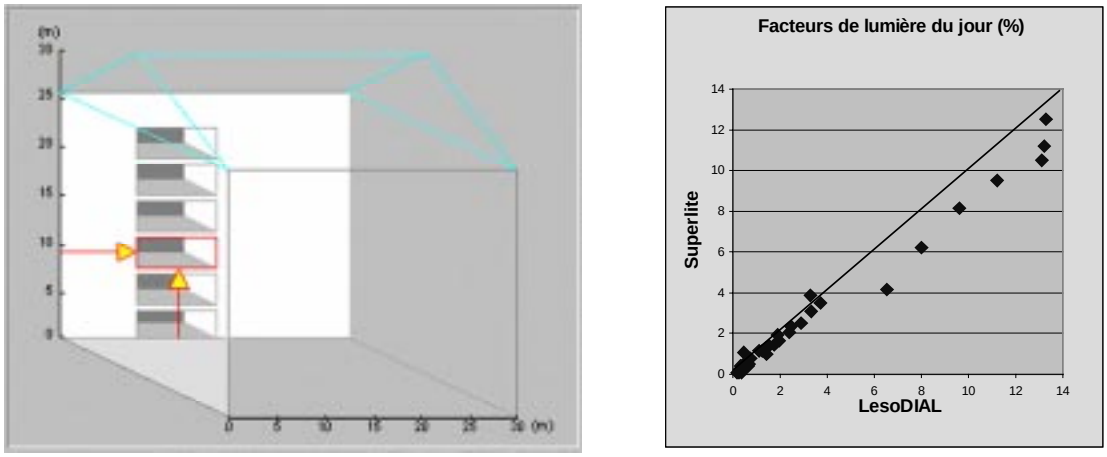


Figure 6: Comparaison des valeurs de facteur de lumière du jour obtenues avec LesoDIAL et Superlite pour diverses configurations d'atrium.

Quoiqu'il en soit, si l'on garde à l'esprit que ce type d'outil est principalement dédié à la prise de décision (phase d'esquisse, études préliminaires, etc.), la précision n'est pas une fin en soi. Il est plus important d'avoir une information rapide sur une tendance, plutôt que d'acquérir une précision absolue sur un objet dont la forme finale est en cours d'évolution.

5. Développements futurs : Projet "DIAL-Europe".

Un projet européen "DIAL-Europe" a débuté au 1er avril 2000, avec pour objectif de rendre LesoDIAL plus "Européen" et d'étendre les capacités d'analyse de ce logiciel. Le but est d'assister le design des ouverture dès les premières phases du projet et de promouvoir une meilleure performance énergétique et environnementale.

Concrètement, le travail se focalisera sur les points suivants:

- Eclairage naturel :
- Calcul de l'autonomie en éclairage naturel pour différents climats européens,
- Prise en compte de la lumière en provenance du soleil,
- Incorporation de systèmes avancés en éclairage naturel.
- Estimation du confort visuel.
- Eclairage artificiel :
- Implémentation d'algorithmes simplifiés pour l'évaluation des stratégies d'éclairage artificiel, des systèmes de contrôle et d'intégration avec la lumière naturelle.
- Gains solaires / rafraîchissement passif :
- Implémentation d'un modèle d'analyse énergétique et d'un prédicteur de surchauffe.
- Base de données: Extension de la base de données existante

Les participants à ce projet, sélectionnés pour leur expertise dans ces différents domaines sont:

- The Martin Centre for Architecture and Urban Studies, University of Cambridge (coordinateur).
- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, LESO-PB/ ITB EPFL, Switzerland,
- Fraunhofer Institute für Bauphysik (FhG-IBP), Stuttgart, Germany.
- Netherland Organization for Applied Scientific Research (TNO-B)
- ESTIA sàrl, Lausanne, Switzerland.
- Intituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) Sao Mamede de Infesta, Portugal.

6. Conclusions

A la naissance du projet LesoDIAL, l'un des écueils à éviter absolument était d'essayer de construire un outil dont la vocation aurait été de produire "la solution optimale". Un tel outil aurait non seulement été inefficace, à cause de sa nature fortement réductrice, mais il aurait aussi été sans doute radicalement rejeté par les architectes puisque reniant implicitement le rôle intrinsèque de la créativité dans le design.

L'expérience a montré qu'en essayant de rester le plus proche possible du mode de conception des architectes (travail sur des solutions concrètes, utilisation simultanée de chiffres, de données graphiques et linguistiques lors de la description, proposition de pistes pour optimiser le design grâce à la fonction diagnostic, etc.), LesoDIAL est très bien jugé par ses utilisateurs.

Ainsi, le besoin d'outils simples, faciles à utiliser et rapides dans le domaine de l'éclairage naturel est confirmé. Il semble que l'évolution de la réglementation et des exigences des utilisateurs aille dans le sens d'une augmentation de la diffusion de ce type d'outil. Dans la réalité, la demande des propriétaires ou des gestionnaires de bâtiments en ce qui concerne une utilisation optimale de la lumière naturelle est de plus en plus forte.

Tout ceci nous encourage à poursuivre le travail accompli et à étendre les fonctionnalités de LesoDIAL dans le futur.

7. Références

ASE (1989) Association Suisse des Electriciens: Eclairage intérieur par la lumière du jour, Norme Suisse SN 418911, Zürich, 1989.

Bodart M. (1997) LesoDIAL: Validation report on daylight factor calculation. *Working document of the IEA-SHC Task 21 ECBCS Annex 29, Daylight in Buildings, Subtask C4, Simple design tools.* Université Catholique de Louvain La Neuve, Belgium.

BRE - British Research Establishment (1996) Estimating daylight in buildings. *Part 1 & 2, Digest 309 310*, Building Research Station, Garston, Watford, Hertfordshire WD2 7JR, England

Fontoynont M. and Lafforgue P. and Mittanchey R. and Aizlewood M. and Butt J. and Carrol W. and Hitchcock R. and Erhorn H. and De Boer J. and Dirksmoeller M. and Michel L. and Paule B. and Scartezzini J.-L. and Bodart M. and Roy G. (1999) Validation of daylighting simulation programmes. *a report of IEA-SHC Task 21 ECBCS Annex 29*, DGCB-URA CNRS 1652, ENTPE, France.

Paule B. and Compagnon R. and Scartezzini J.-L. (1995) Toward a new daylighting design computer tool *Proceedings of the Right Light 3 Conference*, Newcastle, England.

Paule B. (1999) Application de la logique floue à l'aide à la décision en éclairage naturel. *Thèse N° 1916*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

Reynolds M. (2000) Designing for Daylight and Energy Performance: A 'design support' tool evaluated. *Environmental Design Dissertation. M Phil in Environmental Design in Architecture*, King's College Cambridge.

Robinson D. (1996) Energy model usage in building design: A qualitative assesment. *In Proc. CIBSE A: Building Serv. Eng. Res. Technol. 17(2) pp 89-95.*

Slowinski R. (1997) La théorie des ensembles approximatifs et ses applications dans l'aide à la décision. Institut d'Informatique, Université de Technologie de Poznan, Poznan, *Poland*